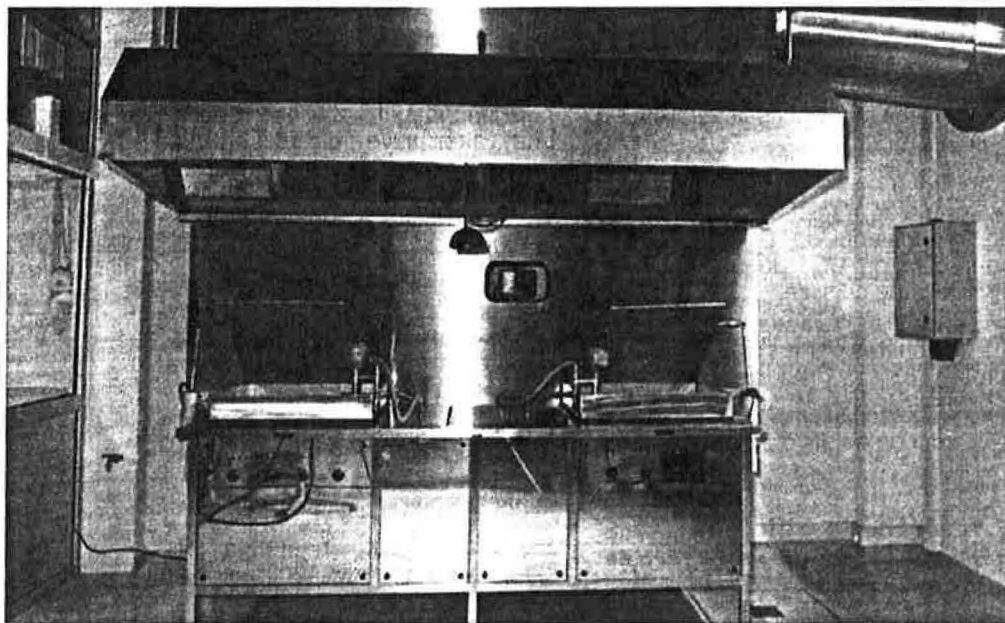


MAÎTRISE DES TAUX DE RENOUVELLEMENT D'AIR DANS LES GRANDES CUISINES

Une enquête a révélé que le système de renouvellement de l'air est celui qui dévore le plus d'énergie dans une grande cuisine... EdF a donc décidé de trouver une solution pour limiter cette consommation électrique.

C. CHEVALIER*



Dans un souci de maîtrise de la demande d'électricité, la direction des études et recherches d'EdF a mis au point une régulation de la ventilation qui permet de réduire de 40 à 70% les débits d'air des grandes cuisines.

Cette réduction dépend avant tout de la conception des cuisines et de l'utilisation d'appareils à bon rendement énergétique.

1. Un état des lieux problématique...

Des campagnes de mesures réalisées par EdF entre 1989 et 1993 ont montré l'impact considérable de la ventilation sur le bilan énergétique d'une grande cuisine. Ainsi, 30% de l'énergie consommée dans une cuisine est liée à la ventilation (chauffage d'air neuf), alors que la cuisson ne représente que 28% de la consommation totale (les autres postes de consommation étant l'eau

chaude sanitaire (16%), le froid (11%), l'éclairage et autres (≈15%).

Ce mauvais bilan énergétique peut être expliqué par deux facteurs :

▷ Les débits d'air imposés par la réglementation "Règlement Sanitaire Départemental Type (RSDT)" de 1983 étaient hier justifiés pour des raisons de sécurité (présence de CO₂) ou de confort (mauvais rendement des appareils), mais aujourd'hui l'amélioration des performances énergétiques des appareils de cuisson est telle qu'il est possible de réduire ces débits.

▷ De plus, la ventilation fonctionne fréquemment sur le principe d'un taux de renouvellement d'air constant au cours de la journée. Ce type de fonctionnement permet certes l'évacuation des polluants émis lors de la préparation des repas (chaleur, vapeur d'eau, odeurs et fumées) mais est aussi à l'origine d'un important gaspillage d'énergie. L'activité d'une cuisine est très variable au cours d'une journée, on peut donc aisément concevoir que les besoins de ventilation le sont aussi. Or, un renouvel-

*Ingénieur à la direction
des études
et recherches
- site des Renardières
d'EdF

maîtrise des taux de renouvellement d'air dans les grandes cuisines

lement d'air injustifié entraîne une surconsommation de chauffage de l'air entrant.

Aussi la mise au point d'une régulation de la ventilation par rapport aux besoins réels des cuisines professionnelles parut-elle indispensable pour améliorer ce mauvais bilan énergétique des grandes cuisines.

2. ...et un calcul du débit nominal de ventilation difficile

Avant de se poser la question d'une régulation, le premier problème auquel est confronté le concepteur de cuisines professionnelles est celui du calcul du débit nominal de la ventilation.

Le calcul des débits d'air doit répondre à deux exigences :

▷ assurer le transfert vers l'extérieur de la chaleur, de la vapeur, des odeurs et du CO₂ dégagés par les appareils de cuisson,

▷ permettre l'évacuation des polluants générés par la cuisson (odeurs, fumées...).

Voici quelques exemples de méthodes de calcul de débits d'extraction.

2.1 Méthode officielle (réglementation RSDT 64-2 révisée le 20 janvier 1983)

La réglementation impose le débit d'air neuf minimal à introduire en cuisine suivant le nombre de repas servis en même temps (tableau 1).

Malgré son caractère officiel, cette méthode est peu utilisée. On lui préfère en général d'autres techniques.

2.2 Méthode de la surface de cuisson

Cette méthode préconise d'introduire 300 l/s.m² de surface d'appareil de cuisson, ce qui correspond à 1080 m³/h.m² de cuisson.

2.3 Méthode du renouvellement horaire

On fixe un taux de renouvellement d'air suivant le volume de la cuisine. Les résultats sont résumés dans le tableau 2.

Ces deux dernières méthodes sont simples, et peuvent être utilisées en avant-projet, mais leurs inconvénients sont nombreux :

▷ elles ne tiennent pas compte des appareils de cuisson installés et des différentes zones de cuisson,

▷ elles ne tiennent pas compte des différents systèmes de captation (hotte classique, hotte à induction ou plafond filtrant),

▷ elles sont souvent trop approximatives compte tenu des fourchettes conseillées.

2.4 Méthode universelle (règles de l'art)

Les règles de l'Art sont plus précises : elles imposent un débit d'air minimal par type d'appareil utilisé. Bien qu'encore incomplètes, elles constituent une alternative intéressante aux méthodes précédentes. On détermine le débit d'air de chaque appareil suivant le tableau 3, puis on additionne le tout.

Il est à noter que, quelle que soit la méthode utilisée, le dimensionnement de la ventilation doit permettre un débit au moins égal à celui fixé par la réglementation.

Comme nous pouvons le voir, les normes et les méthodes de calculs ne sont pas très précises, ce qui renforce la nécessité d'implanter une régulation.

En effet, la réglementation évolue beaucoup plus lentement que les progrès technologiques des matériels de cuisson.

Un dimensionnement peut être adapté aujourd'hui et obsolète demain suite à un changement d'appareil. La régulation permet alors d'adapter au mieux les performances de la ventilation aux besoins réels de la cuisine.

3. Fonctionnement actuel : l'horloge

A partir du fonctionnement classique (figure 1) une première solution consiste à installer une horloge pour piloter et adapter la ventilation à l'activité supposée de la cuisine (figure 2).

Généralement, on a :

$$\text{petite vitesse} = \frac{\text{grande vitesse}}{2}$$

Ce type de fonctionnement permet une réduction des débits d'environ 20%, ce qui est appréciable. Il est à noter que l'horloge peut aussi couper la ventilation quelques heures durant les périodes d'inactivité totale de la cuisine (souvent entre 15h et 17h).

Tableau 1.

Office relais	15 m ³ /h.repas
Moins de 150 repas	25 m ³ /h.repas
De 150 à 500 repas	20 m ³ /h.repas avec un minimum de 3750 m ³ /h
De 501 à 1500 repas	15 m ³ /h.repas avec un minimum de 10 000 m ³ /h
> 1500 repas	10 m ³ /h avec un minimum de 22 500 m ³ /h

Tableau 2.

Type de cuisine	Hauteur (en m)	Renouvellement horaire (vol/h)
Cuisines moyennes (restaurants, hôtels)	3 à 4 4 à 6	30 à 20 20 à 15
Grandes cuisines (hôpitaux, casernes, écoles)	3 à 4 4 à 6 > 6	30 à 20 20 à 15 15 à 20

Tableau 3.

Appareils	Type	Débit	Appareils	Type	Débit
Fourneaux	gaz électriques	1500 m ³ /h.m ² 1000 m ³ /h.m ²	Tables chauffantes	gaz électriques	450 m ³ /h.m ² 300 m ³ /h.m ²
Marmites	75 l	500 m ³ /h	Fours vapeur		1 000 m ³ /h
	100 l	600 m ³ /h	Percolateurs		450 m ³ /h
	150 l	800 m ³ /h	Grils	gaz électriques	3000 m ³ /h.m ² 2000 m ³ /h.m ²
	200 l	1000 m ³ /h	Fours		300 m ³ /h
	250 l	1100 m ³ /h	Feux allumés		200 à 500 m ³ /h
	300 l	1200 m ³ /h	Friteuses	< 300 couverts > 300 couverts	1000 m ³ /h 10 l d'huile 2500 m ³ /h 50 l d'huile
	500 l	1500 m ³ /h	Machines à laver	< 400 couverts > 400 couverts	1300 m ³ /h 2200 m ³ /h
Sauteuses	gaz électriques	1500 m ³ /h 1000 m ³ /h			
Rôtissoires		1000 m ³ /h			

maîtrise des taux de renouvellement d'air dans les grandes cuisines

Figure 1. Fonctionnement continu en grande vitesse.

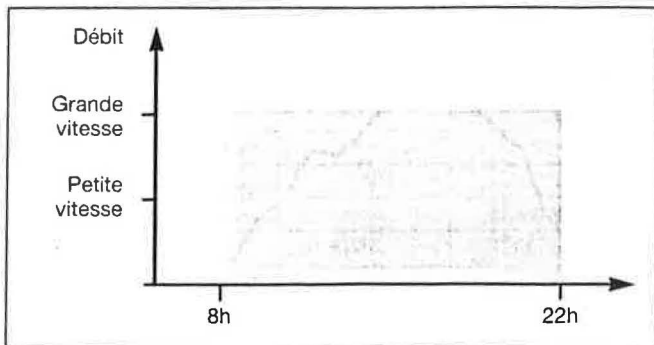


Figure 2. Fonctionnement intermittent avec horloge.

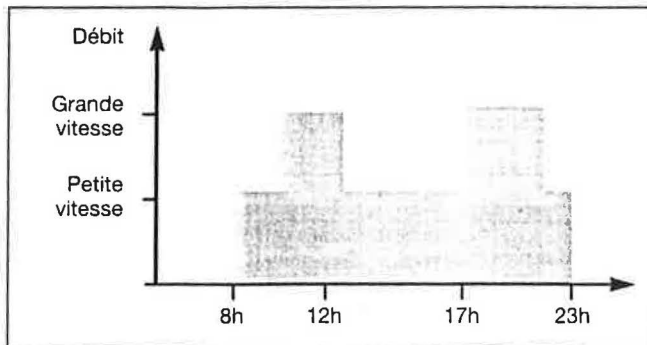
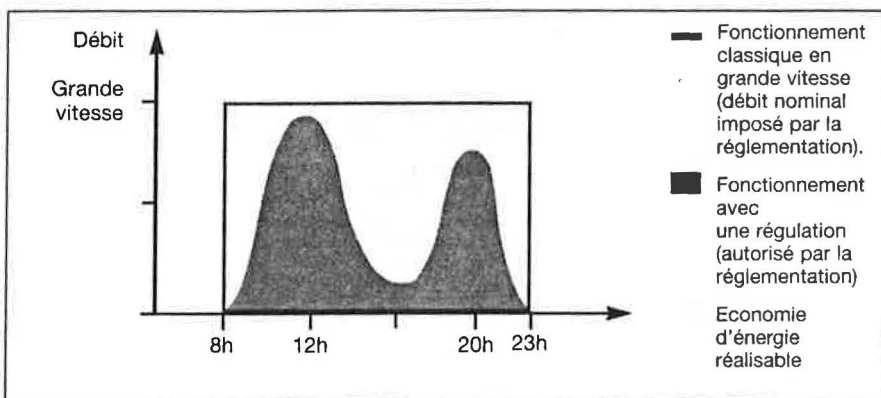


Figure 3. Réduction possible des débits de ventilation à l'aide d'une régulation.



De plus, certaines cuisines sont équipées de ventilation commandable manuellement à l'aide d'un interrupteur à trois positions : grande vitesse, petite vitesse et arrêt. L'expérience montre que les oublis sont fréquents, et que la grande vitesse fonctionne souvent 24h/24 !

Dès lors, une horloge bien programmée évitera les oublis, et permettra aux étourdis de mieux réduire les débits de ventilation.

L'inconvénient de l'horloge est qu'elle fonctionne suivant la pollution supposée, et non pas réelle, de la cuisine. Aussi, ce fonctionnement ne permet pas une réduction optimale des débits de ventilation.

4. La solution : une régulation performante de la ventilation

La solution proposée pour améliorer le bilan énergétique est de réguler l'extraction d'air en fonction des pollutions réelles de la cuisine (température, humidité, CO₂), cela grâce à un régulateur PI. Bien évidemment, le système de ventilation doit permettre un débit au moins égal à celui fixé par la réglementation.

La variation des débits est autorisée par cette même réglementation :

« Décret du 12 avril 1988 et arrêté d'application »

Art 27 - Pour un local ou un groupe de locaux à pollution non spécifique desservis par un même système de ventilation mécanique, si le taux d'occupation est susceptible d'être inférieur au quart du taux normal pendant plus de 50% du temps d'occupation, le débit d'air doit pouvoir être réduit d'au moins 50%.

Pour un local ou un groupe de locaux à pollution spécifique desservis par un même système de ventilation mécanique, si le taux instantané d'émission est susceptible d'être inférieur au quart du taux normal pendant plus de 50% du temps d'émission, le débit d'air doit pouvoir être réduit d'au moins 50%.

Les valeurs limites des pollutions d'une cuisine sont :

- ▷ température : 28°C,
- ▷ humidité : 70 % d'humidité relative,
- ▷ CO₂ : 1000 ppm.

La variation des débits de ventilation a alors la forme donnée sur la **figure 3**.

5. Les essais en laboratoire

Afin de mettre au point une régulation

efficace de la ventilation, une plateforme d'essais a été construite au centre de recherche des Renardières d'EdF, à Moret-sur-Loing.

Le but de cette plateforme est de recréer au mieux les conditions de fonctionnement d'une grande cuisine. Pour cela, elle est équipée d'un piano électrique de grande cuisine (32 kW), de marmites et d'une hotte d'extraction. Du CO₂ est introduit à débit contrôlé pour simuler une cuisson au gaz. Les matériels d'extraction et de soufflage sont ceux couramment utilisés dans les grandes cuisines.

La régulation est un ensemble de trois contrôleurs PI (proportionnelle et intégrale) en parallèle régulant la température, l'humidité et le taux de CO₂ de l'air ambiant.

On prend le maximum des trois sorties que l'on applique alors au moteur d'extraction.

5.1 Des résultats prometteurs

Les différents essais en laboratoire et mesures sur le terrain nous ont montré que le PI en température est celui qui impose le fonctionnement du moteur d'extraction la plupart du temps.

Dès lors, pour simplifier la régulation, nous pouvons nous contenter d'une boucle PI pour réguler la température de l'air ambiant, et de deux alarmes pour le taux de CO₂ et l'humidité qui entraînent un passage en vitesse maximale en cas de dépassement de consigne.

Pour évaluer les économies d'énergie réalisables, nous avons simulé la variation de la puissance appelée dans une cuisine au moment des repas. La puissance des plaques variant de 0 à 32 kW, un fonctionnement en grande vitesse nous donne une température maximale de 24°C. Cette température nous sert de consigne pour le cas d'un fonctionnement avec un régulateur PI. Nous avons alors l'évolution de la température indiquée dans la **figure 4**.

5.2 Economies réalisables

Si l'on prend le cas d'une cuisine fonctionnant de 8h à 23h, et présentant cet appel de puissance pour le déjeuner et le dîner, on obtient les valeurs du **tableau 4**.

Tableau 4.

Fonctionnement	Chauffage d'air neuf	Consommation du moteur
Grande vitesse	270 kWh	10.5 kWh
Régulation PI	144 kWh	3,3 kWh
Economie	46,6%	68,6%

En vitesse minimale, notre moteur extrait 2100 m³/h, alors qu'en vitesse maximale, l'extraction est de 4500 m³/h. Ce rapport entre les débits maximal et minimal étant faible, cela réduit les économies réalisables grâce à notre régulation. Une simulation sur ordinateur nous a montré qu'un débit minimal quatre fois inférieur au débit maximal permet une réduction des débits de 60%. Il est bien sûr nécessaire de programmer le régulateur afin de couper la ventilation entre 23h et 8h.

Il est à noter que les économies possibles par rapport à une extraction grande vitesse constante sur 24h sont d'environ 75% (débits divisés par 4). Bien évidemment, ce type de fonctionnement est aberrant, mais il existe.

Il est très difficile de prévoir les économies d'énergie réalisables dans les grandes cuisines. Tout dépend de leur conception, des matériels utilisés, du type de repas préparés et de la variabilité de la puissance appelée.

D'après les calculs menés et les essais in situ en cours, on peut estimer qu'une réduction des débits de 40 à 70% est réalisable dans la plupart des cuisines.

6. Validation des résultats dans une cuisine réelle

Afin de valider les résultats trouvés en laboratoire, nous avons installé cette régulation à la cafétéria Casino d'Elampes en région parisienne.

La cuisine, ouverte sur la salle du restaurant, prépare en moyenne 500 repas par jour, et ce 7 jours sur 7. Elle est équipée des matériels électriques classiques (grils, friteuses, sauteuses, marmites, etc.) pour une puissance installée de 116,6 kW. La régulation de la ventilation de la cuisine est composée d'un PI en température et d'une alarme pour l'humidité relative (passa-

Figure 4. Evolution de la température pour un fonctionnement avec et sans régulation.

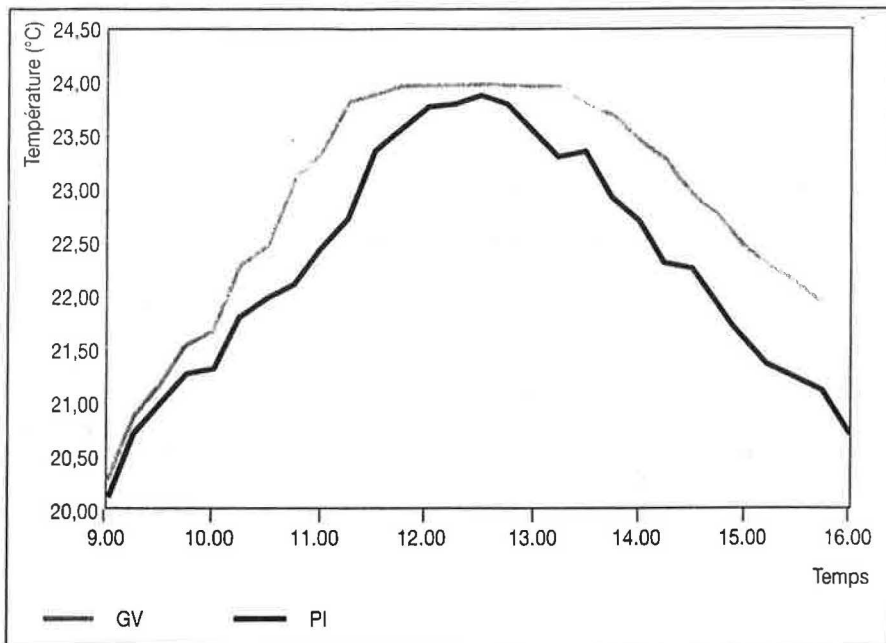
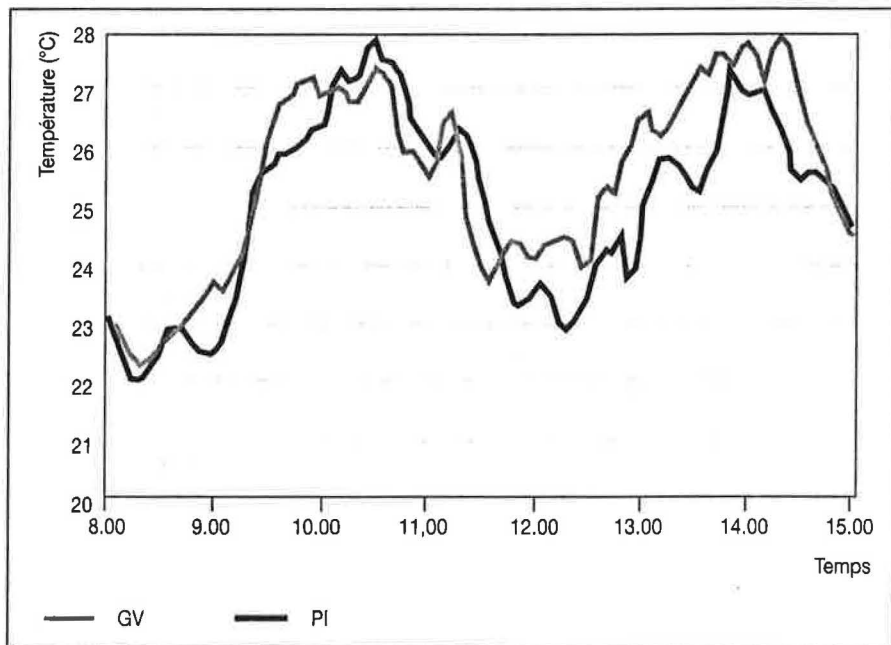


Figure 5. Evolution de la température au cours d'une journée. Fonctionnement avec et sans régulation



ge automatique en extraction maximale pour une humidité relative supérieure à 70%). La cuisine étant tout électrique, une alarme sur le taux de CO₂ n'a pas été nécessaire.

La consigne en température est de 28°C.

La **figure 5** donne un exemple de l'évolution de la température dans la cuisine au cours d'une journée dans les cas de fonctionnement avec et sans régulation PI.

La température de l'air soufflé (provenant du restaurant) était de 21°C, et le

nombre de repas servis était de 456 lors du fonctionnement en grande vitesse, et de 493 lors du fonctionnement en régulation PI.

6.1 Economies d'énergie sur une journée d'expérimentation

Cette expérimentation a permis de conforter les résultats obtenus en laboratoire. Le **tableau 5** résume les économies réalisées sur les débits de ventilation et la consommation du moteur d'extraction.

maîtrise des taux de renouvellement d'air dans les grandes cuisines

Tableau 6. L'économie est d'environ 30 000 kWh (15% de la consommation totale initiale).

Pour 1 repas	Pour 500 repas quotidiens par an	
	sans régulation	avec régulation
Cuisson :	56210	56210
Froid :	22082	22082
Eau Chaude Sanitaire :	32120	32120
Eclairage et autres usages :	30112	30112
Chauffage et Ventilation :	60225	30112
1,1 kWh	200750 kWh	170637 kWh

La ventilation de cette cuisine est dimensionnée pour ne pas dépasser 28°C en température. Cela suppose que la température de l'air soufflé soit proche de 20°C (21°C pour notre exemple). Des économies ne sont donc pas réalisables si la température du restaurant est trop élevée. Pour une température du restaurant de 24°C par exemple, la réduction des débits de ventilation n'est plus que de 40 %. La température du restaurant variant entre 20°C et 24°C, les économies sur les débits d'air varient entre 40% et 70%.

6.2 Confort des cuisiniers

Outre les économies d'énergie, une

régulation de la ventilation améliore le confort des cuisiniers en diminuant les nuisances sonores et les courants d'air, sans pour autant dégrader le confort thermique.

7. Economies réalisables pour une grande cuisine

On peut évaluer la répartition moyenne des consommations énergétiques, avec ou sans régulation, d'une grande cuisine de la façon définie dans le tableau 6.

Tableau 5.

Fonctionnement	Chauffage d'air neuf de 8h à 23h	Consommation du moteur de 8h à 23h
Grande Vitesse	528 kWh	57,7 kWh
Régulation PI	169 kWh	5,1 kWh
Economie	68%	91%

8. Conclusion

La régulation de la ventilation permet de réduire de près d'un facteur deux les débits d'air dans les grandes cuisines. Notons que plus les appareils de cuisson ont un bon rendement, plus les besoins induits de ventilation seront faibles et plus les économies seront importantes.

La réglementation actuelle ne tient pas compte des performances énergétiques des appareils de cuisson. Dès lors, une régulation de la ventilation est une bonne solution pour profiter pleinement des performances des appareils de cuisson électrique. ■

Extrait de la revue QUALITA n°44.

LE MANUEL DU TECHNICIEN EN ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES DU BÂTIMENT

Sanitaire Ventilation

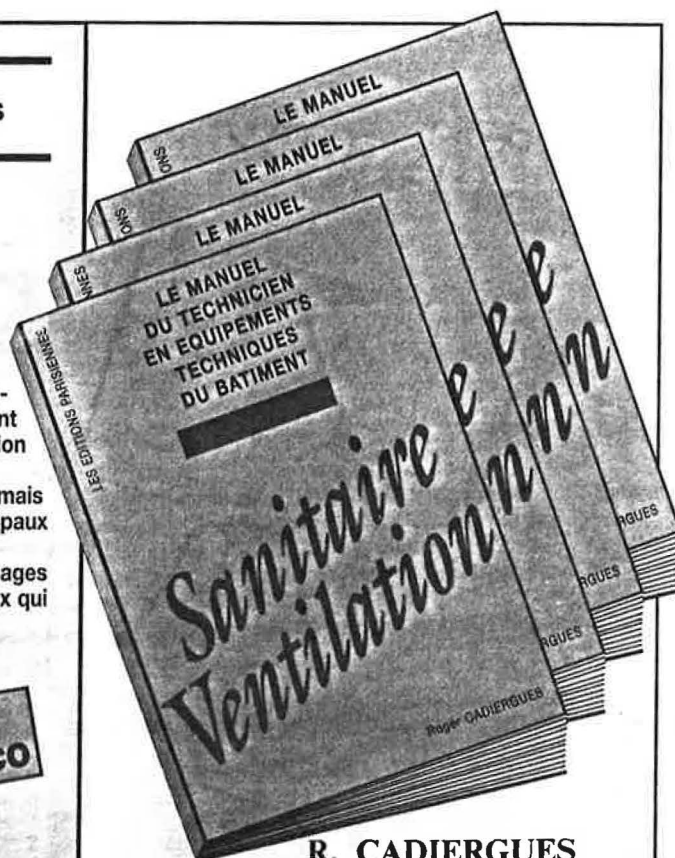
L'approche des sujets traités est simple et méthodique. Une première partie est consacrée aux rappels de terminologie concernant les aspects techniques aussi bien qu'économiques de la conception et de l'installation.

Cet ouvrage n'est pas une méthode de calcul scientifique mais explique simplement les problèmes rencontrés et donne les principaux résultats à connaître pour une application immédiate.

Voici les différents chapitres composant ce document de 152 pages destiné aux installateurs, aux techniciens débutants et à tous ceux qui souhaitent aborder la technique sans passer par la théorie :

- ▷ les fluides (eau, gaz, air),
- ▷ les installations sanitaires individuelles,
- ▷ les fluides en mouvement,
- ▷ le calcul des canalisations,
- ▷ les installations sanitaires collectives,
- ▷ le traitement des eaux,
- ▷ les pompes et les ventilateurs,
- ▷ les bases de la ventilation,
- ▷ les calculs et les mesures aérodynamiques.

240 F TTC FRANCO



R. CADIERGUES

LES ÉDITIONS PARISIENNES

6, passage Tenaille - 75014 PARIS - Tél. : (1) 45 40 30 60 - Fax : (1) 45 40 30 61